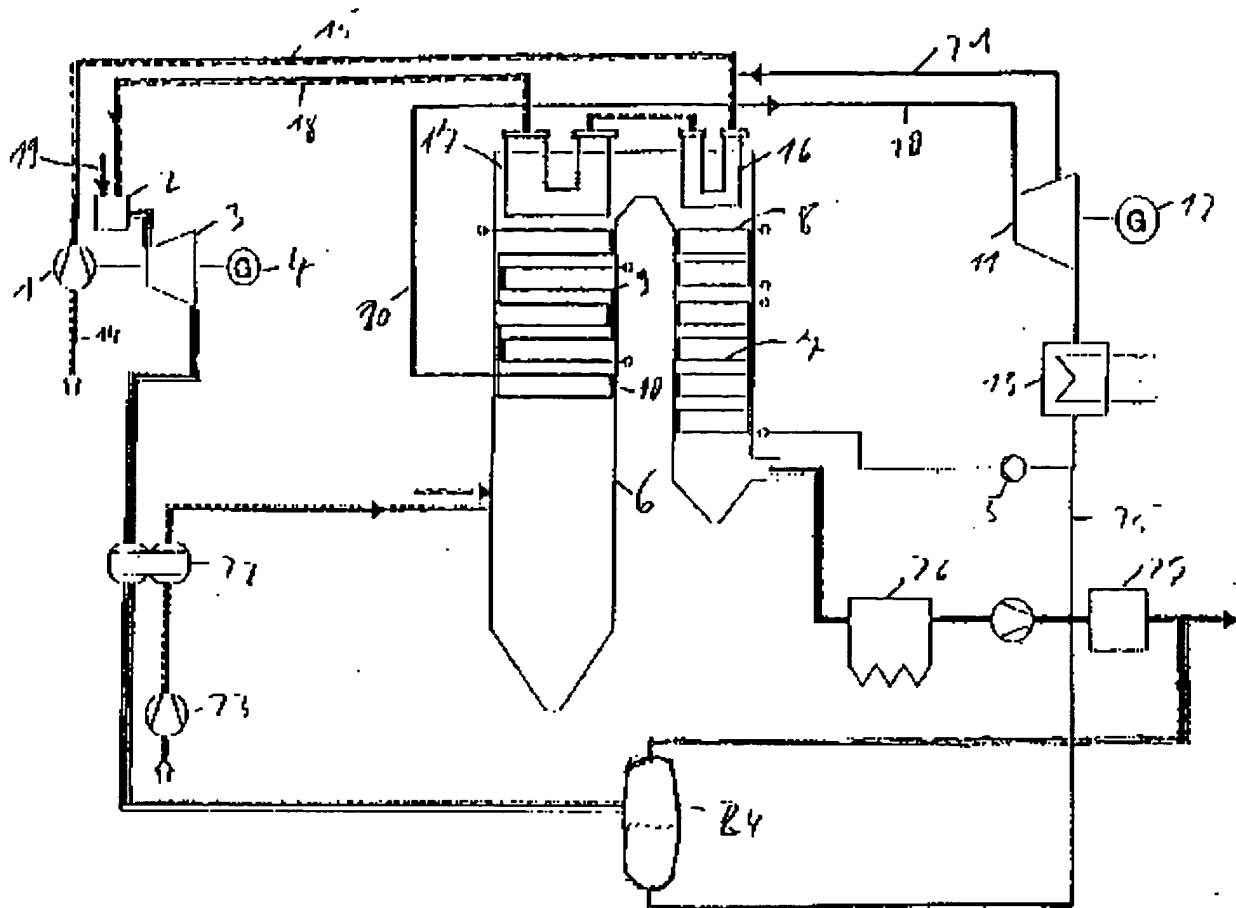


AN: PAT 1994-066536
TI: Generation of power using combined gas-steam power plant with auxiliaries requires compressor in which fresh air is compressed and supplied to combustion chamber connected before gas turbine and steam turbine with steam generator.
PN: **DE4227146-A1**
PD: 24.02.1994
AB: One part of the compressed air at least is preheated before entering the combustion chamber(2) of the gas turbine(3) in a heat exchange with hot flue gas of the pref. coal fired steam boiler(6). The boiler has heating surfaces(7,8,9,10) for water heating, steam prodn. and steam superheating. The steam turbine (11) is a multi-stage unit and has a generator(12) and a steam condenser(13). The fresh air of the gas turbine circuit directly before the heat exchange with the flue gas of the steam boiler, is admixed to the already processed steam from the steam turbine circuit.; Specific gas consumption in gas turbine is reduced or totally eliminated.
PA: (SAAG) SAARBERGWERKE AG; (SIEI) SIEMENS AG;
IN: PETZEL H; SCHOLL G; STADIE L;
FA: **DE4227146-A1** 24.02.1994; WO9404795-A1 03.03.1994;
CO: AT; BE; CA; CH; DE; DK; ES; FR; GB; GR; IE; IT; JP; KZ; LU; MC; NL; PT; RU; SE; UA; US; WO;
DN: CA; JP; KZ; RU; UA; US;
DR: AT; BE; CH; DE; DK; ES; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC; NL; PT; SE;
IC: F01K-017/06; F01K-021/04; F01K-023/10; F02C-003/30; F02C-006/18; F02C-007/08;
DC: Q51; Q52;
FN: 1994066536.gif
PR: **DE4227146** 18.08.1992;
FP: 24.02.1994
UP: 03.03.1994

THIS PAGE BLANK (USPTO)



BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 42 27 146 A 1**

⑤① Int. Cl.⁵:
F 02 C 7/08
F 02 C 6/18
F 02 C 3/30
F 01 K 17/06
F 01 K 23/10

②① Aktenzeichen: P 42 27 146.0
②② Anmeldetag: 18. 8. 92
④③ Offenlegungstag: 24. 2. 94

DE 42 27 146 A 1

⑦① Anmelder:
Saarbergwerke AG, 66125 Saarbrücken, DE;
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Erzeugung von Energie in einer kombinierten Gas-Dampfkraftanlage

DE 42 27 146 A 1

Die folgenden Angaben sind von dem Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 93 308 068/89

6/50

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Energie in einer kombinierten Gas-Dampfkraftanlage mit einem Gasturbinenkreislauf, in dem Frischluft verdichtet und einer der Gasturbine vorgeschalteten Brennkammer zugeführt wird, und einem Dampfturbinenkreislauf mit einem vorzugsweise kohlebefeuernden Dampferzeuger.

Bei den bekannt gewordenen gattungsgemäßen Verfahren zur Erzeugung von Energie in kombinierten Gas-Dampfkraftanlagen wird die Wärme für den Gasturbinenkreislauf durch Verbrennung eines Gases, z. B. Erdgas oder Kohlevergasungsgas, und die Wärme für den Dampfturbinenkreislauf durch Verbrennung von Kohle im Dampferzeuger gewonnen. Die im Abgas der Gasturbine noch enthaltene Restwärme wird entweder über einen Abhitzekeessel direkt dem Dampfturbinenkreislauf zugeführt oder sie wird dadurch genutzt, daß das Abgas der Gasturbine mit seinem noch relativ hohen Sauerstoffgehalt in die Feuerung des Dampferzeugers eingeleitet wird.

Aufgrund der hohen Eintrittstemperatur der Gasturbine, die in modernen Anlagen mittlerweile bereits bei über 1100°C liegt, sowie der groben Temperaturdifferenz zwischen dem Eingang der Gasturbine und dem Ausgang der Dampfturbine zeichnen sich derartige kombinierte Verfahren durch einen relativ hohen Wirkungsgrad aus. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn Gasturbine und Dampfturbine jeweils etwa die gleiche Leistung haben.

Nachteilig ist jedoch, daß insbesondere bei Großkraftwerken in der Größenordnung von 800 MW und mehr erhebliche Gasmengen entweder in Form von Erdgas oder in Form von Kohlevergasungsgas benötigt werden. Der Einsatz von Erdgas ist teuer und kann aufgrund der Importabhängigkeit zu Problemen in der Beschaffung führen. Auch die Herstellung von Kohlevergasungsgas ist aufgrund des zusätzlichen apparativen Aufwandes sehr kostenintensiv und führt darüber hinaus zu einer Verringerung des Wirkungsgrades der Gesamtanlage, da nunmehr auch der Wirkungsgrad der Kohlevergasung bei der Ermittlung des Gesamtwirkungsgrades zu berücksichtigen ist.

Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren der eingangs genannten Art, den spezifischen Gasverbrauch der Gasturbine zu reduzieren oder ganz zu vermeiden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zumindest ein Teil der verdichteten Frischluft vor Eintritt in die Brennkammer im Wärmetausch mit heißem Rauchgas des Dampferzeugers vorerhitzt wird.

Durch die vorgeschlagene Maßnahme erfolgt z. B. im Wärmetausch mit dem Rauchgas des Dampferzeugers eine Aufheizung der Frischluft von der Ausgangstemperatur des Luftverdichters von etwa 250°C auf etwa 800°C. Falls eine weitere Erhitzung auf die Eingangstemperatur der Gasturbine von beispielsweise 1150°C erwünscht ist, erfolgt diese dann in der Brennkammer des Gasturbinenkreislaufs.

Es ergibt sich somit, daß durch die vorgeschlagene Maßnahme die gesamte der im Gasturbinenkreislauf benötigten Wärme, nämlich genau die Wärmemenge, die für die Erhitzung auf etwa 800°C benötigt wird, durch die Verbrennung von Kohle im Dampferzeuger gedeckt werden kann, und daß nur noch die für die weitere Erhitzung von 800°C auf etwa 1150°C benötigte Wärme durch Verbrennung eines Gases oder auch

von Öl in der Brennkammer der Gasturbine aufgebracht werden muß.

Durch die Erfindung gelingt es somit, bei Betrieb der Gasturbine mit einer Eintrittstemperatur von ca. 800°C die gesamte der im Gasturbinenkreislauf benötigten Wärme in Form von kohlestämmiger Wärme zur Verfügung zu stellen. Bei Betrieb der Gasturbine mit einer Eintrittstemperatur > 800°C wird der Bedarf an Gas bzw. Öl in der Brennkammer der Gasturbine stark reduziert.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung wird der Frischluft des Gasturbinenkreislaufs unmittelbar vor dem Wärmetausch mit dem Rauchgas des Dampferzeugers bereits abgearbeiteter Dampf aus dem Dampfturbinenkreislauf zugemischt. Diese Maßnahme führt zu einer zusätzlichen Wirkungsgraderhöhung der Gesamtanlage, da nunmehr auch Dampf aus dem Dampfkreislauf der Dampfturbine unter dem wesentlich höheren Temperaturniveau des Gasturbinenkreislaufs in der Gasturbine arbeitsleistend entspannt werden kann. Da zudem die zu verdichtende Frischluftmenge um eine der zugemischten Dampfmenge äquivalente Luftmenge verringert werden kann, wird der Luftkompressor stark entlastet. Im Grunde braucht nur noch die für die Verbrennungsreaktionen in der Brennkammer bei Betrieb > 800°C benötigte Luftmenge verdichtet zu werden, während die für den Betrieb der Gasturbine zusätzlich noch benötigte Arbeitsmittelmenge in Form von Dampf aus dem Dampfkreislauf der Dampfturbine zur Verfügung gestellt werden kann. Da der Dampf als Kondensat auf Druck gebracht wird, spielt die hierfür auf zuwendende Verdichtungsarbeit im Vergleich zur im Luftkompressor des Gasturbinenkreislaufes eingesparten Verdichtungsarbeit nur eine untergeordnete Rolle.

Das jeweils einzustellende Massenverhältnis der im Wärmetausch mit heißem Rauchgas des Dampferzeugers zu erhitzenden Wasserdampf- bzw. Frischluftströme hängt im Grunde nur davon ab, ob im jeweiligen Einzelfall entweder ein möglichst geringer Brennstoffverbrauch in der Brennkammer der Gasturbine oder eher ein möglichst hoher Wirkungsgrad der Gesamtanlage angestrebt wird. Im Grenzfall ist somit auch eine Fahrweise denkbar, die einerseits mit dem höchsten Wirkungsgrad, andererseits aber auch mit dem höchsten Brennstoffverbrauch in der Brennkammer des Gasturbinenkreislaufes verbunden ist, bei der ausschließlich Wasserdampf im Wärmetausch mit dem heißen Rauchgas des Dampferzeugers erhitzt und dann in die Brennkammer des Gasturbinenkreislaufes eingeleitet wird, während die im Verdichter des Gasturbinenkreislaufes komprimierte Frischluft direkt der Brennkammer zugeführt wird.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung kann bereits abgearbeiteter Dampf aus dem Dampfturbinenkreislauf auch direkt in die Brennkammer des Gasturbinenkreislaufes eingeleitet werden. Diese Verfahrensvariante ist z. B. dann von Interesse, wenn bei der Nachrüstung eines Kraftwerkes das Platzangebot für den zu installierenden Frischluft/Rauchgas-Wärmetauscher im Dampferzeuger begrenzt ist und dieser somit nur für die in der Brennkammer der Gasturbine benötigte Frischluftmenge ausgelegt werden kann.

Ein weiteres für den Betrieb des Gesamtkraftwerkes sehr bedeutsames Merkmal der Erfindung sieht vor, das Abgas der Gasturbine im indirekten Wärmetausch mit der Frischluft für den Dampferzeuger abzukühlen. Hierdurch gelingt es, die Restwärme des Gasturbinenabgases zu nutzen, ohne daß das Abgas in den Dampferzeuger

ger eingeleitet werden muß. Der Sauerstoff-Restgehalt des Abgases spielt somit für die weitere Behandlung des Abgases keine Rolle mehr, so daß die Brennkammer der Gasturbine in Bezug auf die Verbrennungsreaktionen nahezu stöchiometrisch gefahren werden kann mit der Folge einer sehr geringen Stickoxidbildung.

Der Wärmetausch zwischen dem Abgas der Gasturbine und der Frischluft für den Dampferzeuger kann dabei so eingestellt werden, daß im Zuge des Wärmetausches zumindest ein Teil des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes kondensiert wird. Damit kann zumindest ein Teil der freigesetzten Verdampfungswärme erneut im Prozeß genutzt werden.

Weitere Erläuterungen zu der Erfindung sind dem in der Figur schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel zu entnehmen.

Die Figur zeigt eine kombinierte Gas-Dampfkraftanlage mit einem Gasturbinenkreislauf mit einem Luftverdichter 1, einer Brennkammer 2, einer Gasturbine 3 und einem Generator 4 sowie einen Dampfturbinenkreislauf mit einer Speisewasserpumpe 5, einem kohlebefeuernten Dampferzeuger 6 mit Heizflächen 7, 8, 9 und 10 zur Wassererwärmung, Dampferzeugung und Dampfüberhitzung, einer mehrstufig ausgebildeten Dampfturbine 11, einem Generator 12 und einem Kondensator 13.

Im Betrieb der Anlage wird die im Gasturbinenkreislauf benötigte Frischluft über eine Leitung 14 dem Verdichter 1 zugeführt, in diesem auf etwa 12–15 bar verdichtet und dabei auf etwa 280°C erwärmt. Nach der Verdichtung strömt die Frischluft entsprechend dem erfindungsgemäßen Vorschlag über eine Leitung 15 zu zusätzlich im Rauchgasweg des Dampferzeugers 6 vorgesehenen Wärmetauscherflächen 16 und 17 und wird in diesen im Wärmetausch mit heißem Rauchgas auf eine Temperatur von etwa 800°C weiter erhitzt. Über eine Leitung 18 wird die erhitzte Frischluft dann in die Brennkammer 2 eingespeist, in der ein Teil des mitgeführten Sauerstoffs bei Betrieb >800°C zur Verbrennung von Erdgas, welches über eine Leitung 19 der Brennkammer zuströmt, verbraucht wird. Das Abgas der Brennkammer wird unter einer Temperatur von etwa 800°C bzw. 1150°C in der Gasturbine 3 arbeitsleistend entspannt.

Durch die vorgeschlagene Führung der Frischluft über die Heizflächen 16 und 17 gelingt es, bei Betrieb der Gasturbine bis 800°C, die gesamte für die Aufheizung auf Gasturbineeintrittstemperatur benötigten Wärmemenge über den Dampferzeuger 6 zur Verfügung zu stellen. Bei Betrieb der Gasturbine oberhalb 800°C ist die in der Brennkammer 2 benötigte Erdgasmenge entsprechend stark reduziert.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die gesamte Frischluftmenge aus dem Verdichter 1 über die Heizflächen 16 und 17 geleitet. Je nach Auslegung ist es jedoch auch ohne weiteres möglich, nur einen Teil der Frischluft über die Heizflächen 16 und 17 zu führen und den Rest direkt in die Brennkammer 2 einzuleiten.

Im Dampfturbinenkreislauf wird das im Kondensator 13 anfallende Kondensat in der Speisewasserpumpe 5 auf den Verfahrensdruck von etwa 300 bar gepumpt und dann in den Heizflächen 7, 8, 9 und 10 des Dampferzeugers 6 erwärmt, verdampft und überhitzt. Der überhitzte Wasserdampf verläßt den Dampferzeuger 6 über eine Leitung 20 unter einer Temperatur bis etwa 600°C und wird in der mehrstufig ausgebildeten Dampfturbine 11 arbeitsleistend entspannt und dann im Kondensator 13 erneut kondensiert.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung wird

aus einer Zwischenstufe der Dampfturbine 11 bereits weitgehend abgearbeiteter Dampf unter einer Temperatur von etwa 350–400°C und einem Druck von etwa 17 bar über eine Leitung 21 abgezogen und in die Leitung 15 eingeleitet. Der Wasserdampf passiert nunmehr in Mischung mit der im Verdichter 1 komprimierten Frischluft die Heizflächen 16 und 17 und wird in diesen ebenfalls auf eine Temperatur von etwa 800°C aufgeheizt. Die weitere Aufheizung auf die Eintrittstemperatur >800°C der Gasturbine 3 erfolgt dann in der Brennkammer 2.

Durch dieses Verfahrensmerkmal gelingt es zum einen, auch einen Teil des Dampfes aus dem Dampfkreislauf unter der hohen Temperatur der Gasturbine arbeitsleistend zu entspannen. Zum anderen wird der Verdichter 1 stark entlastet, da im Grunde nur noch die für die Verbrennungsreaktionen in der Brennkammer benötigte Frischluftmenge verdichtet zu werden braucht. Die zusätzlich noch für die Gasturbine benötigte Arbeitsmittelmengemenge kann in Form von Wasserdampf, der als Kondensat auf Druck gepumpt wird, zur Verfügung gestellt werden.

Das optimale Mischungsverhältnis von Frischluft und Wasserdampf hängt u. a. von den Auslegedaten der Gesamtanlage ab. Es ist aber auch ohne weiteres möglich, z. B. im Teillastbetrieb, die Gasturbine ausschließlich mit Wasserdampf als Arbeitsmittel zu fahren. In diesem Falle kann der Frischluftkompressor 1 abgeschaltet werden. Ebenso ist es möglich, die gesamte im Verdichter 1 komprimierte Frischluftmenge direkt der Brennkammer 2 zuzuführen und in den Heizflächen 16 und 17 ausschließlich Wasserdampf zu erhitzen.

Das arbeitsleistend entspannte und mit Wasserdampf angereicherte Abgas der Gasturbine 3, das immer noch eine Temperatur von ca. 500–600°C aufweist, wird in einem Wärmetauscher 22 im Wärmetausch mit über ein Frischluftgebläse 23 geförderter Frischluft für den Dampferzeuger 6 bis unter den Taupunkt abgekühlt. Das anfallende Kondensat wird in einem Abscheider 24 aus dem Abgas abgetrennt und kann nach erfolgter Reinigung über eine Leitung 25 erneut in den Dampfturbinenkreislauf eingespeist werden. Das verbleibende Abgas wird mit dem in einem Elektrofilter 26 und einer Rauchgasentschwefelungsanlage 27 gereinigten Rauchgas des Dampferzeugers 6 zusammengeführt und dann vorzugsweise über den hier nicht dargestellten Kühlturm des Kraftwerkes in die Atmosphäre abgeleitet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Energie in einer kombinierten Gas-Dampfkraftanlage mit einem Gasturbinenkreislauf, in dem Frischluft verdichtet und einer der Gasturbine vorgeschalteten Brennkammer zugeführt wird, und einem Dampfturbinenkreislauf mit einem vorzugsweise kohlebefeuernten Dampferzeuger, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Teil der verdichteten Frischluft vor Eintritt in die Brennkammer im Wärmetausch mit heißem Rauchgas des Dampferzeugers vorerhitzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Frischluft des Gasturbinenkreislaufes unmittelbar vor dem Wärmetausch mit dem Rauchgas des Dampferzeugers bereits abgearbeiteter Dampf aus dem Dampfturbinenkreislauf zugemischt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß ausschließlich bereits abgearbeiteter Wasserdampf im Wärmetausch mit dem Rauchgas des Dampferzeugers erhitzt und in die Brennkammer des Gasturbinenkreislaufes eingeleitet wird.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bereits abgearbeiteter Dampf aus dem Dampfturbinenkreislauf direkt in die Brennkammer des Gasturbinenkreislaufs eingeleitet wird. 5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas der Gasturbine im indirekten Wärmetausch mit der Frischluft für den Dampferzeuger abgekühlt wird. 10

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Zuge des Wärmetausches zwischen Gasturbinenabgas und Frischluft der im Abgas enthaltene Wasserdampf zumindest teilweise kondensiert wird. 15

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der kondensierte Wasserdampf nach erfolgter Reinigung erneut dem Dampfturbinenkreislauf zugeführt wird. 20

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

